

# 機械加工部品の設計情報を利用した機上計測の自動化

神戸大学 ○村瀬元章, 西田 勇, 佐藤隆太, ◎白瀬敬一,

## 要 旨

設計情報を利用して機上計測を自動化するために、タッチトリガープローブの測定用プログラムを自動作成する方法を開発した。測定対象である機械加工部品の形状と素材形状の差分から除去形状を抽出して機械加工部品の加工フィーチャを認識するとともに、加工フィーチャに応じた測定箇所と測定順序を決定した。自動で作成した測定用プログラムで機上計測を行い、測定対象とした加工フィーチャの寸法精度を測定できることを確認した。

## 1. 緒 言

機上計測とは、本来測定器で行われる加工結果の測定を工作機械の上で行うことである。機上計測では加工された工作物を取り外す必要がなく、それに伴い再取り付け時の位置決め調整作業が削減されるとともに、位置決め誤差に起因する加工誤差も削減できるという利点がある。しかしながら、機上で工作物の測定を行うためには、測定戦略に基づいて測定項目や測定点の位置の決定が必要となる。しかし現在の機上計測においては、測定項目や測定点の位置の決定は作業者に委ねられている。

本研究では接触式測定用タッチトリガープローブによる機上計測の自動化を提案する。製品の CAD モデルを用意することで、自動で測定形状を認識し、それによって測定項目と測定点の位置を自動で決定し、測定のためにプローブの動作を工作機械に指令する NC プログラムを自動で生成する。

開発した機上計測システムで加工後の工作物の機上計測を行ってシステムの有効性を検証したので報告する。

## 2. 測定形状の抽出方法

本研究で開発する機上計測システムで用いる幾何学的な形状処理には西田らによって提案された手法を用いる。はじめに素材形状と製品形状の CAD モデルの差分から加工除去領域(TRV: Total Removal Volume)を抽出する。次にそれぞれ独立した微小加工領域(Primitive)を抽出する。その Primitive に対して、大気に触れている面(オープンフェイス)の数、オープンフェイスの形状を取得し加工フィーチャを特定する。オープンフェイスは X 軸正の方向の場合は X Positive、X 軸負の方向の場合は X Negative とし、Y 軸、Z 軸方向についても同じように Y Positive、Y Negative、Z Positive、Z Negative とする。本研究ではプローブアプローチ方向は Z 軸正の方向と限定しているため、どの形状においても Z Positive はオープンフェイスとなる。

また各 Primitive に対して包含ボックスを取得し X 軸、Y 軸、Z 軸のそれぞれの座標が最大となる座標を Point Maximum、最小となる座標を Point Minimum としてその 2 点の情報も取得する。この 2 点の座標により工作物における加工フィーチャの位置と寸法の情報を取得する。

本システムで測定点の位置を自動で決定することのできる加工フィーチャは図 1 に示す 8 種類である。加工フィーチャ抽出の概要を図 2 に示す。また加工フィーチャ抽出の際に取得する幾何情報を図 3 に示す

## 3. 測定点の自動決定

本システムでは各加工フィーチャの X 軸、Y 軸、Z 軸方向の寸法測定を自動化する。TRV を用いた形状抽出後、各加工フィーチャに対して測定点の決定を行う。それぞれの加工フィーチャの測定項目は Closed Pocket, Open Pocket, Closed Slot, Blind Hole については X 軸、Y 軸、Z 軸方向のそれぞれの寸法の 3 項目、Open Slot, Step については、X 軸もしくは Y 軸方向の寸法と Z 軸方向の寸法の 2 項目、Through Pocket, Through Hole については、X 軸、Y 軸方向の寸法の測定 2 項目である。ここでは素材形状の 6 面の精度が保証されていることを前提としている。

また 8 種類の加工フィーチャのうち、Open Pocket, Open Slot, Closed Slot, Step はオープンフェイスの位置により測定点の位置が変化するため、オープンフェイスの位置を場合に分けて測定点を決定する必要がある。

ここでは図 4 に示す X Positive と Y Negative の面がオープンフェイスである Open Pocket を例として説明する。

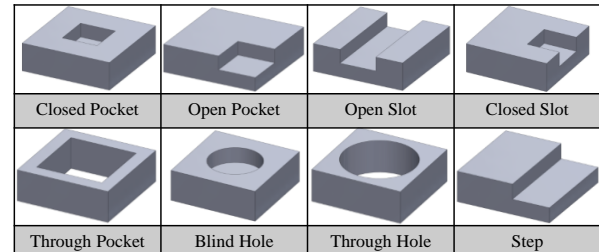


Fig.1 Machining features handled in this study

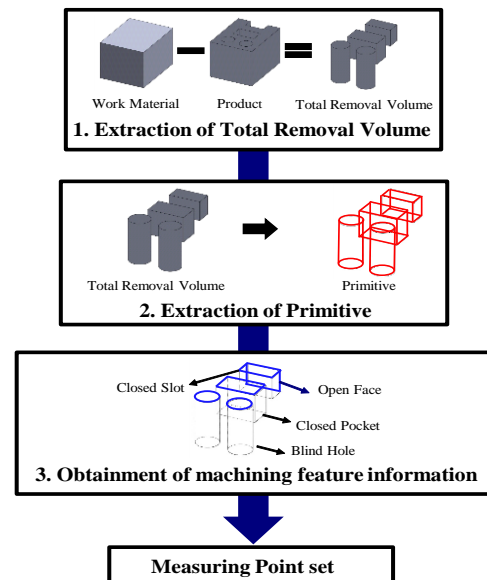


Fig.2 Configuration of the proposed system

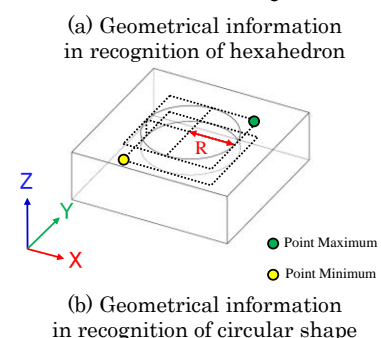
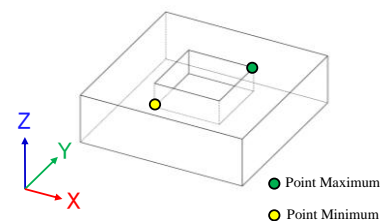
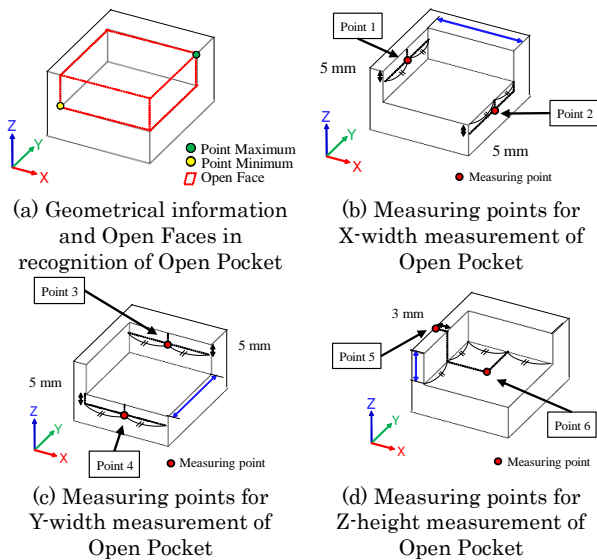


Fig.3 Geometrical information in Primitive for the measuring



**Fig. 4.** Geometrical information and measuring points for measurement of Open Pocket

X 軸方向の測定は、X 軸負の方向に存在する面に 1 点、除去領域外の X 軸正の方向に存在する面に 1 点定義する。これら 2 点をそれぞれ Point 1, Point 2 とする。2 点の Y 軸座標は等しく面の中心座標とする。Z 軸座標は、Point 1 は上面から-5mm, Point 2 は底面から-5mm の位置とする。

Y 軸方向の測定は、Y 軸正の方向に存在する面に 1 点、除去領域外の Y 軸負の方向に存在する面に 1 点定義する。これら 2 点を Point 3, Point 4 とする。2 点の X 座標は等しく面の中心座標とする。Z 軸座標は、Point 3 は上面から-5mm の位置、Point 4 は底面から-5mm の位置とする。

Z 軸方向の測定は、Z 軸正の方向に存在する面に 1 点、Z 軸負の方向に存在する面に 1 点定義する。これら 2 点を Point 5, Point 6 とする。2 点の Y 座標は等しく面の中心座標とする。X 軸座標は、Point 5 は除去領域から 3mm の位置、Point 6 は底面の中心座標とする。先ほど述べたように Open Pocket にはオープンフェイスの位置により全部で 4 通りの場合が考えられる。測定点の位置はオープンフェイスの位置に応じて変化する。例えば X Negative, Y Negative がオープンフェイスとなる場合には、Point 1 が除去領域外の位置となり、Point 2 が除去領域内の位置となる。

#### 4. 測定用 NC プログラムの生成と測定結果の取得

NC 工作機械上で測定を行うために必要な NC プログラムの生成では、測定開始点を決定する必要がある。この測定開始点を起点としてプローブが測定を始める。X 軸、Y 軸方向の測定の際は、測定開始点は測定点が位置する面から法線方向に 3mm 離れた位置、Z 軸方向の測定の際は 10mm 離れた位置とする。

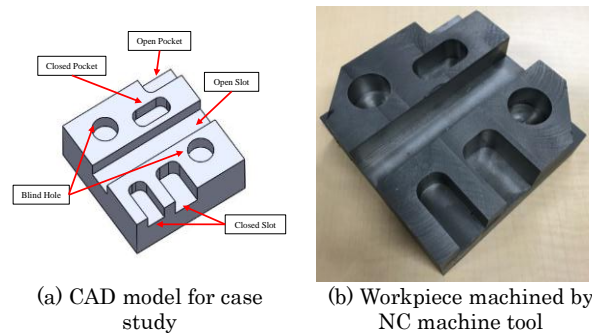
測定開始点から各測定点へのプローブ動作を指令する NC プログラムを生成する。プローブと工作物との干渉を回避するために、1 点の測定が終了するごとに、工作物からプローブを一旦退避させるように NC プログラムを生成した。

測定結果の出力に関しては、NC 工作機械とコンピュータを RS-232C ケーブルで接続し、シリアル通信で測定結果の取得を行った。受信したシリアルコードを分析し、CAD データから取得した設計寸法と比較してその誤差を出力する。

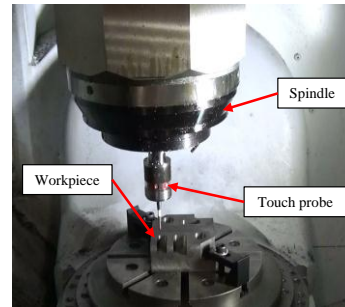
#### 5. ケーススタディ

本研究で開発した機上計測システムの有用性を確認するためにケーススタディを行った。ケーススタディでは、図 5 に示すモデルを用いた。

このモデルは Open Slot が 1 つ、Closed Slot が 2 つ、Blind Hole が 2 つ、Closed Pocket が 1 つ、Open Pocket が 1 つの全部で 5 種類の加工フィーチャを 7 つ有している。



**Fig. 5** Test model for case study



**Fig. 6** Experimental set-up

このモデルを実際に NC 工作機械で加工し、加工後に自動で生成された NC プログラムを用いて機上計測を行った。本研究で用いたタッチトリガープローブは BLUM 製の TC52 である。測定の様子を図 6 に示す。

自動で生成された NC プログラムで、プローブと工作物との干渉といった問題も発生せずに測定を実行することができた。また、所望した測定結果が取得できることも検証できた。

#### 6. 結 言

機上計測の自動化を目的として、測定形状の認識、測定項目と測定点の決定、プローブの動作経路を指令する NC プログラムの生成ならびに、測定結果の出力の一連の作業を自動化するシステムを構築した。ケーススタディにより以下に示すことが明らかになった。

1. 製品の CAD モデルと素材形状モデルを用意することで、加工領域の中から加工フィーチャを自動で認識し、その形状に基づいて自動で測定項目と測定点を決定し、プローブの動作経路を指令する NC プログラムを自動で生成することができる。
2. NC 工作機械とコンピュータを接続することにより、取得した測定情報を自動で分析し、設計値と比較してその誤差を測定結果として自動で出力することができる。

#### 参考文献

- 1) 上野, 中本: 複合加工機用工程設計支援システムのための加工フィーチャの提案; 日本機械学会論文集, Vol.81, No.825, pp.15-00108-15-00108(2015)
- 2) 西田, 佐藤, 白瀬: 加工制約条件を考慮したエンドミル加工用工程設計支援システムの提案; システム制御情報学会論文誌; Vol.30, No.3, pp.81-86(2017)
- 3) Myeong-Woo Cho · Honghee Lee · Gil-Sang Yoon · Jinhwa Choi: A feature-based inspection planning system for coordinate measuring machines; Int J Adv Manuf Technol 26: 1078-1087(2005)